

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-174247

(43)Date of publication of application : 21.06.2002

(51)Int.Cl.

F16C 33/32  
F16C 33/62  
G01C 19/16

(21)Application number : 2000-368602

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 04.12.2000

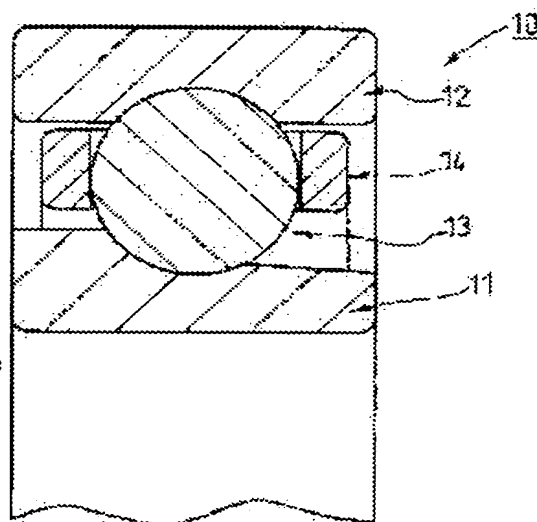
(72)Inventor : UEDA KIYOTOSHI  
OURA YUKIO

## (54) ROLLING BEARING

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a rolling bearing for a gyro device without generating damage such as a band-shaped mark and loss of luster on the surface of a rolling element.

**SOLUTION:** This rolling bearing 10 is used for the gyro device. At least the rolling element 13 of an outer race 11, an inner race 12 and the rolling element 13 is made of ceramics. The rolling bearing 10 has a nitride layer on the surface of at least the rolling element 13 of the outer race 11 and the inner race 12 having bearing steel as base materials and the rolling body 13 having martensitic stainless steel as a base material. The nitride layer has hardness of Hv 1200 to 1500.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-174247

(P2002-174247A)

(43) 公開日 平成14年6月21日 (2002.6.21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターム(参考)

F 1 6 C 33/32

F 1 6 C 33/32

3 J 1 0 1

33/62

33/62

G 0 1 C 19/16

G 0 1 C 19/16

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-368602(P2000-368602)

(22) 出願日 平成12年12月4日 (2000.12.4)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 上田 清利

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(72) 発明者 大浦 行雄

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(74) 代理人 100105647

弁理士 小栗 昌平 (外4名)

Fターム(参考) 3J101 AA02 AA32 AA42 AA54 BA10

BA70 DA02 EA02 EA03 EA06

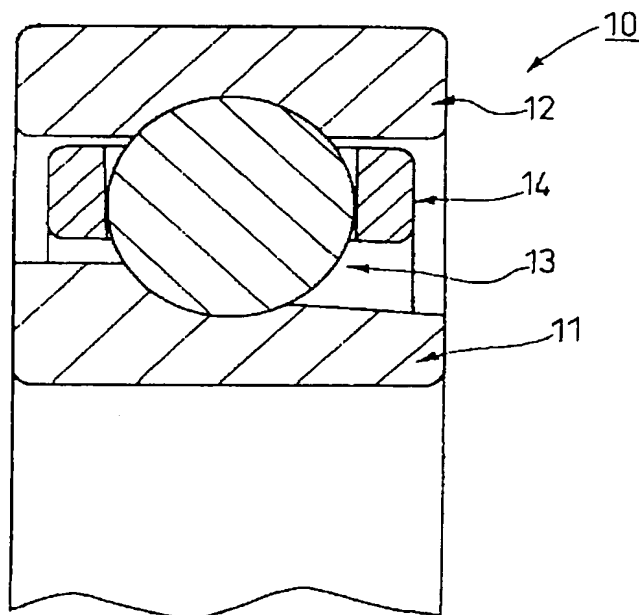
EA41 EA78 FA31 GA60

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

(57) 【要約】

【課題】 転動体の表面にバンド状マークや光沢の喪失といった損傷が生じないジャイロ装置用転がり軸受を提供する。

【解決手段】 本発明の転がり軸受10は、ジャイロ装置に用いられるもので、外輪11、内輪12、転動体13のうち少なくとも転動体13の材質がセラミックスである。また、本発明の転がり軸受は、軸受鋼を母材とする外輪及び内輪と、マルテンサイト系ステンレス鋼を母材とする転動体とのうち少なくとも転動体の表面に窒化層を有し、その窒化層がHv1200~1500の硬度を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ジャイロ装置に用いられる転がり軸受において、外輪、内輪、転動体のうち少なくとも転動体の材質がセラミックスであることを特徴とする転がり軸受。

【請求項 2】 ジャイロ装置に用いられる転がり軸受において、軸受鋼を母材とする外輪及び内輪と、マルテンサイト系ステンレス鋼を母材とする転動体とのうち少なくとも転動体の表面に窒化層を有し、その窒化層が Hv 1 2 0 0 ~ 1 5 0 0 の硬度を有することを特徴とする転がり軸受。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ジャイロ装置におけるジャイロロータの支持等に好適に使用される転がり軸受に関する。

## 【0 0 0 2】

【従来の技術】 従来、自動車、船舶、航空機等の移動体には、ジャイロ装置が備えられている。ジャイロ装置には、ジャイロロータを備えたものがある。ジャイロロータはケース内で回転されるものであり、ジャイロロータを支持する転がり軸受としては、例えば、予圧を与えた組合せアンギュラ玉軸受等が使用される。ジャイロ装置用転がり軸受においては、耐久性や低発塵性の他に、低トルクであることや、トルクの変動を最小限に抑えることや、長寿命であることが要求される。これらの要求に応えるために、潤滑油量を最小限に保ちつつ潤滑油を安定供給することが求められている。

【0 0 0 3】 この種の転がり軸受においては、外部の潤滑油供給源から潤滑油が補給されるまでのある一定期間、内外輪の軌道面に塗布された微量潤滑油及び保持器に含浸された潤滑油のみによって潤滑が行われる。

【0 0 0 4】 例えば、船舶用のジャイロ装置においては、航行に必要な方位を知るために、ジャイロロータを高速回転（例えば 1 2 0 0 0 r p m）させてジャイロ装置の支軸が常に北を向くようにしている。ジャイロロータの動的バランスが少しでも狂っていると、ジャイロロータの高速回転時に振動や騒音が生じたりするため、ジャイロロータの動的バランスを正確に調整する必要がある。こうしたバランスの調整作業は、ジャイロ装置の製造時のほか、ジャイロロータの回転軸を支持する転がり軸受の交換後に行われる。すなわち、転がり軸受はその機械的寿命により磨耗するので定期的に交換する必要があるが、単に交換しただけでは振動や騒音が生じるので、この時バランスの調整も必要になる。軸受交換時のバランス調整作業は、例えばジャイロロータをジャイロ装置内に組み込んだ状態でバランスによりジャイロロータのバランスを調べた上で、ジャイロロータをジャイロ装置から取り外してそのジャイロロータに切削加工を施すことにより行われるが、このようなバランス調整作

業は極めて煩雑である。

## 【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】 転がり軸受において、外部の潤滑油供給源から潤滑油が補給されるまでの間にはごく微量の潤滑油によって潤滑が行われるが、この間に、玉（転動体）の表面にバンド状マーク（バンド状磨耗）が形成されたり、玉の表面の光沢がなくなったりするといったトラブルが発生することがある。バンド状マークは、玉及び内外輪軌道面間の潤滑が十分でない状態における両者間のすべりによってもつばら形成される。これらの損傷は、外部異物の除去あるいは洗浄作業の改善といった方法だけでは防ぐことが困難である。ここでいう損傷とは、目視上では玉にバンド状マークが形成されていることや玉の光沢がなくなっていることが識別可能であるが、磨耗としてのオーダーは極めて小さく、表面粗さにおいてその変化がようやく認められるといった程度のものである。しかし、この程度の磨耗でも、長時間の運転後にはその磨耗が進展し、転がり軸受の機能を維持できなくする。こうなると、転がり軸受の交換が必要になるが、前述のように、ジャイロ装置の転がり軸受を交換するとバランス調整作業が極めて煩雑である。本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、その目的は、転動体の表面にバンド状マークや光沢の喪失といった損傷が生じないジャイロ装置用転がり軸受を提供することにある。

## 【0 0 0 6】

【課題を解決するための手段】 本発明の前記目的は、ジャイロ装置に用いられる転がり軸受において、外輪、内輪、転動体のうち少なくとも転動体の材質がセラミックスであることを特徴とする転がり軸受によって達成される。以上のような転がり軸受においては、運転中に内外輪と転動体との間の油膜が薄くなって、それらの表面同士が直接接触することがあっても、転動体の材質がセラミックスであるので表面損傷が生じない。バンド状マークが形成されることもない。なお、セラミックスの種類は特に限定されない。従来、セラミックスからなる転動体を備えた転がり軸受は、ジャイロ装置に用いられてこなかった。セラミックスは弾性係数や線膨張係数が鋼と比較して大きく異なる。そのため、セラミックス製転動体を備えた転がり軸受では、軸受に多大な荷重がかかった際の耐久性が不十分であり、大きな温度変化が生じた際には予圧変化に起因するトルク変動が生じると、一般に考えられていた。しかし、本発明者らの発想転換に基づく鋭意検討の結果、ジャイロ装置においては転がり軸受に多大な荷重がかかることはなく温度変化も小さいことから、セラミックスからなる転動体を備えた転がり軸受をジャイロ装置に十分に適用できるばかりか、この転がり軸受を用いることでジャイロ装置における軸受交換スパンを飛躍的に長期化できることが判明した。

【0 0 0 7】 また本発明の前記目的は、ジャイロ装置に

用いられる転がり軸受において、軸受鋼を母材とする外輪及び内輪と、マルテンサイト系ステンレス鋼を母材とする転動体とのうち少なくとも転動体の表面に窒化層を有し、その窒化層がHv1200~1500の硬度を有することを特徴とする転がり軸受によって達成される。以上のような転がり軸受においては、運転中に内外輪と転動体との間の油膜が薄くなって、それらの表面同士が直接接触することがあっても、Hv（ビッカース硬さ）が1200~1500とされているので少なくとも転動体表面には損傷が生じない。ジャイロ装置用として、転がり軸受は、一对の組合せ軸受の形態でかつ定位置予圧された状態で使用されるのが一般的である。高炭素クロム軸受鋼（SUJ2）等の軸受鋼はSUS440C等のマルテンサイト系ステンレス鋼より線膨張係数が小さいため、軸受温度が上昇して内外輪温度差が生じても、本転がり軸受においては、内外輪及び転動体が全てマルテンサイト系ステンレス鋼からなる場合に比べて予圧変化が小さく、内外輪軌道面の磨耗焼き付き等も顕著に防止できる。なお、軸受鋼としては、高炭素クロム軸受鋼（SUJ2）の他に、浸炭鋼、耐熱鋼、ステンレス鋼、合金工具鋼、高速度工具鋼、クロム鋼、クロムモリブデン鋼等を採用できる。

【0008】窒化層（適切な窒素濃度及び硬さを有する層）の形成方法としては、塩浴等による液体窒化処理や、ガス窒化処理や、イオン窒化処理が挙げられる。このうち、イオン窒化処理は処理温度が比較的高く、母材の耐熱性を考慮しても十分な下地の硬度が得られにくかったり、球体形状物の表面に均一な窒化層を形成させることが困難な場合があるため、塩浴窒化処理あるいはガス窒化処理によることが好ましい。なお、好ましい窒化処理温度は480℃以下とする。また、窒化層は、特に処理温度が高い場合に、その最表面に数ミクロン程度の脆弱な化合物層（ $\epsilon$ 相あるいは $\epsilon$ 相単相からなる擬似セラミックス層）が膜状に形成される場合があるため、窒化処理温度はさらに好ましくは460℃以下とする。また、このように処理温度がより低いものであると、窒化層がより緻密なものとなって粗悪なポーラス層も生成しない。

【0009】本発明における窒化層は $\delta$ 相（Fe<sub>2</sub>N）、 $\epsilon$ 相（Fe<sub>2-3</sub>N）、 $\gamma'$ 相（Fe<sub>4</sub>N）、CrN、及びCr<sub>2</sub>N等のうち1種又は2種以上の窒化物がマルテンサイト地に多量に析出したものであり、著しく硬さが高いことに加え、高い靱性も有するため、転動体の損傷を極めて抑制できる。また、母材にはマルテンサイト系ステンレス鋼及び軸受鋼を使用しているため、上記窒化処理条件下でもHRC57~59程度の十分な下地の硬度を確保することが可能となる。また、窒化層を形成させた転動体は、引き続いて仕上げ加工を行い、その表面粗さを0.1 $\mu$ mRa以下とすることが好ましい。こうすることで、その窒化層表面が接触する相手部

材の表面への攻撃性を弱めることができる。

【0010】以下に転動体の製造方法について説明する。まず、冷間で引抜加工された線材を用い、ヘッダーによる冷間加工或いは切削加工とフラッシング等により素球を製作し、その素球を焼入れ、焼戻し、場合によってはサブゼロ処理を併用することで硬化させる。その後、目標寸法、即ち完成品寸法に設定取り代を加算した寸法まで研削加工を行い、半加工球を製作する。設定取り代は、具体的には目標とする精度まで仕上げ加工を行う際の必要取り代を意味するが、窒化処理による膨縮量も含めたものを意味している。

【0011】窒化処理前の素球が焼入れされたままの状態のものは、その真球度或いは直径相互差等は非常に大きく、一般には数十 $\mu$ m~百 $\mu$ m程度の設定取り代が必要である。したがって、焼入れされたままの素球に窒化層を形成すると、窒化層が不均一に削られることになり、窒化層厚さが不均一になると同時に、窒化処理によって生じた内部応力のバランスが崩れて、要求精度を出すために仕上げ加工に長時間を要したり、目標精度が達成できなくなる場合もある。また、転動体の耐久性にも影響を与える場合もある。これらの問題は、焼入れされたままの素球で特に顕著であるが、半加工球であってもその精度が不十分である場合には、要求精度を満足できなかったり、仕上げ加工に長時間を要したりする場合があるため、半加工球の真球度は3.0 $\mu$ m以下、好ましくは1.0 $\mu$ m以下が必要である。

【0012】また、半加工球は、焼入れ後に焼戻しを施しておかないと、焼入れ時に蓄積された内部残留応力が完成品品質に悪影響を与える場合もあるため、前述した下地の硬度が満足できる範囲で焼戻しを行うと良い。さらに、取り扱い上の表面キズ発生防止対策あるいは強度面等から、半加工球を製作する上で熱処理後、バレル或いはボールピーニング等の機械的硬化加工によって、更に硬度を高めても良い。

【0013】その結果、得られた転動体は、その表面にHv1200~1500の非常に硬質かつ靱性に優れる窒化層を非常に均一な膜厚となるように形成せしめ、さらに、その窒化層を支える下地が、HRC57以上を満足するような構成としたため、軸受が高負荷条件で作動した場合等においても、耐久性を保持することができる。

【0014】なお、窒化層の厚さは、大きすぎると処理コストが高くなるだけでなく、窒化後の膨縮や変形等が顕著になって、仕上げ加工費も増大し、また、鋼の物性も損なわれるため、3 $\mu$ m以上2%D<sub>a</sub>（直径の2%の意）以下であることが好ましい。また、上述した理由により、窒化層厚さの均一性は5 $\mu$ m以内であることが好ましい。

【0015】以上、もっぱら玉軸受の転動体について述べたが、他の転がり軸受の転動体（ころ等）について

も、同様のことがいえる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面に基ついて本発明の実施形態を説明する。図1に示す本発明第1実施形態のアンギュラ玉軸受10は、内輪11、外輪12、内外輪11、12間に複数配置された玉13及び玉13を円周方向等間隔に保持する保持器14を備えている。本実施形態は、ジャイロ装置におけるジャイロロータ支持用転がり軸受である。

【0017】本実施形態においては、内外輪11、12がマルテンサイト系ステンレス鋼（SUS440C）により形成されている。そして、玉13はセラミックスにより形成されている。

【0018】以上のようなアンギュラ玉軸受10においては、運転中に内外輪11、12と玉13との間の油膜が薄くなって、それらの表面同士が直接接触することがあっても、玉13の材質がセラミックスであるので表面損傷が生じず、玉13表面にバンド状マークが形成されることもない。

【0019】図2に示す本発明第2実施形態のアンギュラ玉軸受20は、内輪21、外輪22、内外輪21、22間に複数配置された玉23及び玉23を円周方向等間隔に保持する保持器24を備えている。本実施形態も、ジャイロ装置におけるジャイロロータ支持用転がり軸受である。

【0020】本実施形態においては、内外輪21、22が高炭素クロム軸受鋼（SUJ2）により形成されている。そして、玉23がマルテンサイト系ステンレス鋼（SUS440C）により形成されているとともに、玉13の表面にはHv1200～1500の窒化層23aが形成されている。この窒化層13aの縦弾性係数は240GPa程度である。一方、SUJ2の縦弾性係数は208GPa程度である。SUS440Cの線膨張係数は $12.5 \times 10^{-6}$ 程度である。一方、SUJ2の線膨張係数は $10.1 \times 10^{-6}$ 程度である。

【0021】以上のようなアンギュラ玉軸受20においては、運転中に内外輪21、22と玉23との間の油膜が薄くなって、それらの表面同士が直接接触することがあっても、Hv（ビッカース硬さ）が1200～1500とされているので少なくとも玉23表面には損傷が生じない。また、窒化層23aの縦弾性係数がSUJ2のそれより大きいので、接触楕円は極めて小さく、すべりが生じない。したがって、玉23にバンド状マークが形成されることもない。さらに、SUJ2はSUS440Cより線膨張係数が小さいため、軸受温度が上昇して内外輪温度差が生じても、本軸受20においては、内外輪21、22及び玉23が全てSUS440Cからなる場合に比べて予圧変化が小さく、内外輪21、22軌道面の磨耗焼き付きも顕著に防止できる。

【0022】

【実施例】・実施例1

図1に示したような構成の、本発明の一実施例であるアンギュラ玉軸受（内径直径10mm、セラミックス製玉の径4.762mm、玉数9）を下記条件で回転させた。

- ① 回転数12000min<sup>-1</sup>。予圧25N。
- ② 40℃で32cStの潤滑油を使用。
- ③ 内外輪の各軌道面に潤滑油を合計4mg塗布。保持器に潤滑油を約20mg含浸。
- ④ 40時間連続回転。

【0023】図3（A）に示すように、回転後の玉13の表面にはバンド状マークが形成されておらず、光沢も失っていなかった。比較のため、従来のアンギュラ玉軸受を上記条件で回転させたところ、図3（B）に示すように、回転後の玉53の表面にはバンド状マークが形成された。

【0024】・実施例2

図2に示したような構成の、本発明の一実施例であるアンギュラ玉軸受（内径直径10mm、窒化層を有する玉の径4.762mm、玉数9）を下記条件で回転させた。

- ① 回転数12000min<sup>-1</sup>。予圧25N。
- ② 40℃で32cStの潤滑油を使用。
- ③ 内外輪の各軌道面に潤滑油を合計4mg塗布。保持器に潤滑油を約20mg含浸。
- ④ 40時間連続回転。

本実施例においても、回転後の玉の表面にはバンド状マークが形成されておらず、光沢も失っていなかった。

【0025】なお、本発明は前述した実施形態、実施例に限定されるものではなく、適宜な変形、改良等が可能である。例えば、本発明の転がり軸受を組み合わせて組合せ軸受としてもよい。例えば、本発明を、ジャイロ装置内の、ジャイロロータ以外の回転部にも適用することができる。また、本発明はジャイロ装置以外の装置に用いることもでき、例えば低発塵性が要求される半導体製造装置等に適用することもできる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、転動体の表面にバンド状マークや光沢の喪失といった損傷が生じないジャイロ装置用転がり軸受を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態を示す断面図である

【図2】本発明の第2実施形態を示す断面図である

【図3】本発明実施例及び比較例を説明する図である

【符号の説明】

10、20 アンギュラ玉軸受（転がり軸受）

11、21 内輪

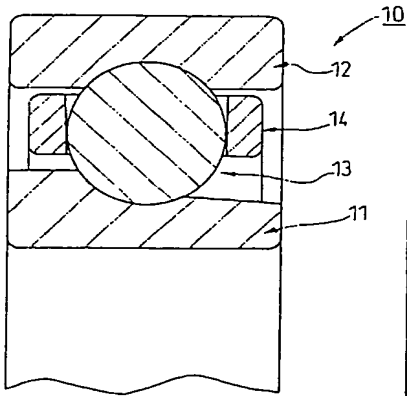
12、22 外輪

13、23 玉（転動体）

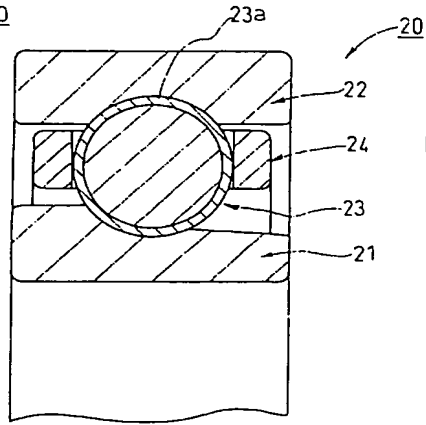
14、24 保持器

23a 窒化層

【図1】



【図2】



【図3】

